

ಅನ್ಯ ಜಗತ್ತುಗಳಿಗಾಗಿ ಅನ್ವೇಷಣೆ

ಸುಮ ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ

ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಆಚೆ ಬೇರೆ ಜಗತ್ತುಗಳಿವೆಯೇ? ನಾವು ಅವುಗಳಿಗಾಗಿ ಹೇಗೆ ಅರಸುತ್ತೇವೆ? ಅವುಗಳಿಂದ ನಾವು ಏನನ್ನು ಕಲಿಯಬಹುದು? ಲೇಖಕರು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿನ ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಗತಿಗಳು ಬಹಿರ್ ಗ್ರಹಗಳ (Exoplanets) ಅನ್ವೇಷಣೆಯನ್ನು ಹಿಂದೆಂದಿಗಿಂತಲೂ ಹೇಗೆ ಹೆಚ್ಚು ರೋಚಕವಾಗಿಸಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಲೇಖನದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದ್ದಾರೆ.

ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಅಪೂರ್ವತೆ ಹಾಗೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಭೂಮಿಯ ಅನನ್ಯತೆ ಬಗ್ಗೆ ಅನೇಕ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳು ಮಾನವನ ಮನಸ್ಸನ್ನು ಬಹಳ ಹಿಂದಿನಿಂದಲೂ ಕಾಡುತ್ತಿವೆ. ಹದಿನಾರನೇ ಶತಮಾನದಲ್ಲಿ ಇಟಲಿಯ ತತ್ವಜ್ಞಾನಿಯದ ಜಿಯೊಡಾನೋ ಬ್ರೂನೊ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿಗೆ ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಆಚೆಗೂ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ಅಸ್ತಿತ್ವದಲ್ಲಿರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದ್ದನು. ಬ್ರೂನೋ ಪ್ರಕಾರ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಇತರ ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಜೀವಿಗಳನ್ನು ಪೋಷಿಸುತ್ತಿರುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತೆಯೇ ಇರಬಹುದು. ಇದೇ ಆಲೋಚನೆಗಳಿಗೆ ಧ್ವನಿಗೂಡಿಸುತ್ತ, ಸರ್ ಐಸಾಕ್ ನ್ಯೂಟನ್ 1713 ರ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟವಾದ ತನ್ನ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಗ್ರಂಥ "ಪ್ರಿನ್ಸಿಪಿಯಾ" ದಲ್ಲಿ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಈ ರೀತಿ ಉಲ್ಲೇಖಿಸಿದನು–

"... ಸೂರ್ಯ, ಗ್ರಹಗಳು ಮತ್ತು ಧೂಮಕೇತುಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಈ ಅತ್ಯಂತ ಸುಂದರವಾದ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯು ಪರ್ವ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಮತ್ತು ಶಕ್ತಿಶಾಲಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯ ವಿಚಾರಶಕ್ತಿ ಮತ್ತು ನಿಯಂತ್ರಣದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಹೊರಹೊಮ್ಮಲು ಸಾಧ್ಯ. ಹಾಗೂ, ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಸೌರವ್ಯೂಹದಂಥ ಇತರ ಅನ್ಯವ್ಯೂಹಗಳಿಗೆ ಕೇಂದ್ರಗಳೇ ಆಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಅವು ಕೂಡ ಅಂತಹುದೇ ವಿಚಾರಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಸೃಷ್ಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು ಮತ್ತು ಅವೆಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ನಿಯಂತ್ರಣಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಲೇಬೇಕು. ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಏಕೆಂದರೆ, ಸ್ಥಿರವಾದ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪ ಸೂರ್ಯನ ಬೆಳಕಿನ ಸ್ವರೂಪದಂತೆಯೇ ಇದೆಯಲ್ಲದೆ, ಪ್ರತಿಯೊಂದು ವ್ಯವಸ್ಥೆಯಿಂದಲೂ ಬೆಳಕು ಇತರ ಎಲ್ಲಾ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ ..."

ಒಂದು ಸೌರೇತರ ಗ್ರಹ ಅಥವಾ ಇಂದು ಅದನ್ನು ಕರೆಯುವಂತೆ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹವನ್ನು, ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಇತರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ ಮಾಡುವ ಗ್ರಹ ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಅನೇಕ ಮಂದಿ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದೇವೆ ಎಂದು ಈ ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿಕೊಂಡಿದ್ದರೂ, ಅಂತಹ ಹೇಳಿಕೆ ಮೊದಲು ದೃಢೀಕರಣಗೊಂಡಿದ್ದು 1992ರಲ್ಲಿ. ಆ ವರ್ಷ, ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಅಲೆಕ್ಸಾಂಡರ್ ವಾಲ್ಝ್ಯಾಕ್‌ಸನ್ ಮತ್ತು ಡೇಲ್ ಫ್ರೈಲ್ ತನ್ನ

ಬಾಕ್ಸ್ 1. ಇತಿಹಾಸದ ಒಂದು ತುಣುಕು

ವಿಶ್ವ ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಅರೆಸಿಬೊ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು 1990ರ ಆರಂಭದಲ್ಲಿ ದುರಸ್ತಿಗಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿದ್ದರಿಂದ ಅದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಮುದಾಯಕ್ಕೆ ಎಂದಿನ ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಲಭ್ಯವಿಲ್ಲದಂತಾಯಿತು. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿ ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್ (Wolszczan) ಈ ಅಪರೂಪದ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಂಡು ಸ್ಪಂದತಾರೆಗಳನ್ನು ಹುಡುಕಲು ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು. ಇದು PSRB1257+12 ಎಂಬ ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ ಪತ್ತೆಗೆ ಮಾರ್ಗ ಕಲ್ಪಿಸಿತು ಮತ್ತು ನಂತರ ಅದರ ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿದ್ದ ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿತು.

ಹೆಚ್ಚು ಕಡಿಮೆ ಇದೇ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರೊಫೆಸರ್ ಮ್ಯಾಥ್ಯೂ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ನ ಮುಖಂಡತ್ವದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಮತ್ತೊಂದು ಸಮೂಹ ಸ್ಪಂದತಾರೆ PSR–1829–10 ನ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದ ಒಂದು ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ ಎಂದು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿತು. ಈ ಎರಡೂ ರೋಚಕ ಅನ್ವೇಷಣೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಚರ್ಚಿಸಲು ಅಮೆರಿಕ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಸಂಘ (American Astronomical Society) 1992ರ ಜನವರಿ ತಿಂಗಳಲ್ಲಿ ಅಟ್ಲಾಂಟಾದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಭೆಯನ್ನು ಆಯೋಜಿಸಿತು.

ಆದರೆ, ಈ ಸಭೆ ಆಯೋಜನೆಗೊಳ್ಳುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆಯೇ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ನ ನೇತೃತ್ವದ ಸಮೂಹ ಅಂತರ–ನಕ್ಷತ್ರೀಯ (Intrastellar) ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದ ಉಂಟಾಗಿದ್ದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಉಪೇಕ್ಷೆ ಮಾಡಿದ್ದರಿಂದ ತಮ್ಮ ಅನ್ವೇಷಣೆ ತಪ್ಪಾಗಿದೆ ಎಂದು ತಿಳಿದುಕೊಂಡಿತು. ಹಾಗೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಸಮುದಾಯದಿಂದ ಅತಿಶಯ ಪ್ರಶಂಸೆಗೆ ಪಾತ್ರವಾದ ಉತ್ಕೃಷ್ಟ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ನೈತಿಕತೆಯನ್ನು ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತಾ ಬೆಯಲ್ಸ್‌ರವರು ಸಾರ್ವಜನಿಕವಾಗಿ ಸಭೆಯಲ್ಲಿ ತಮ್ಮ ತಪ್ಪನ್ನು ಒಪ್ಪಿಕೊಂಡರು. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್ ಮತ್ತು ಫ್ರೈಲ್‌ರವರನ್ನು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಮೊದಲ ಸಮೂಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿದವರು ಎಂದು ಅಂಗೀಕರಿಸಲಾಯಿತು.

(ವಾಲ್ಸ್‌ಝಾನ್‌ರ ಸ್ವಂತ ಮಾತುಗಳಲ್ಲಿಯೇ ಈ ಘಟನೆಯ ಸಂಪೂರ್ಣ ವಿವರವನ್ನು ಓದಲು www.sciencedirect.com/science/article/pii S 13876473\\11000418 ಈ ಜಾಲತಾಣವನ್ನು ನೋಡಿ.)

ಜೀವಮಾನದ ಅಂತ್ಯದಲ್ಲಿದ್ದು, ವೇಗವಾಗಿ ತಿರುಗುತ್ತಿದ್ದ PSR B1257+12 ಎನ್ನುವ ಒಂದು ಸ್ಪಂದತಾರೆಯ (ಪಲ್ಸಾರ್‌ನ) ಸುತ್ತ ಪರಿಭ್ರಮಣೆ ಮಾಡುತ್ತಿದ್ದ ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ವೀಕ್ಷಿಸಿದರು. ಇದಾದ ಮೂರು ವರ್ಷಗಳ ನಂತರ ಸ್ವಿಟ್ಜರ್‌ಲ್ಯಾಂಡಿನ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಡಿಡಿಯರ್ ಕ್ವುಲಾಜ್ ಮತ್ತು ಮೈಕೆಲ್ ಮೇಯರ್ 51 ಪೆಗ್ ಎನ್ನುವ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯನಂತೆಯೇ ಇರುವ ಮತ್ತೊಂದು ಹಳದಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿದ್ದ ಮತ್ತೊಂದು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರು. ಈ ಹುಡುಕುವಿಕೆಯ ಅನುಸರಣೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಅಮೆರಿಕಾದ ಪಾಲ್ ಬಟ್ಲರ್ ಮತ್ತು ಜಿಯೋಫ್ ಮರ್ಸಿ ನೇತೃತ್ವದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಒಂದು ತಂಡ 1996ರಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಎರಡು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. ನಂತರದ ದಶಕದ ಕೊನೆಯೊಳಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ನೂರು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳಲ್ಲಿ ಈ ತಂಡ ಎಪ್ಪತ್ತು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. 2009ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಕೆಪ್ಲರ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕದ (Kepler Space Telescope) ಉಡಾವಣೆ ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಉಂಟುಮಾಡಿದೆ. ಈ ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ವಿಪುಲವಾದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಇತರ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ದೊರಕಬಹುದಾದ ಸುಳಿವುಗಳಿಗಾಗಿ ಈ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೆಕ್ಕಿ ನೋಡುವ ಕಾರ್ಯದಲ್ಲಿ ಖಗೋಳಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ವ್ಯಸ್ತರಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ನಾವು ಹೇಗೆ ಹುಡುಕುತ್ತೇವೆ?

ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಲು ವಿವಿಧ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅನೇಕ ವಿಧಾನಗಳು ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿದ್ದು, ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಉಪಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅವು ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಮತ್ತು ಅದರ ಕ್ರಿಯೆಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ಪ್ರಭಾವಿಸುತ್ತವೆ ಎನ್ನುವುದರ ಮೂಲಕ ನಿಶ್ಚಯಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದು ಏಕೆಂದರೆ, ಕೆಲವು ಉದಾಹರಣೆಗಳನ್ನು ಹೊರತುಪಡಿಸಿ, ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ದೂರ ಮತ್ತು ಅಧಿಕ ಪ್ರಕಾಶ ಅವುಗಳ ಗ್ರಹ ಸಂಗಾತಿಗಳ ಹೊಳಪನ್ನು ಮೀರಿಸುತ್ತವೆ.

ಇದು ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೇ ಇದೆ. ಇಲ್ಲಿಯೂ ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರದಲ್ಲಿ ಸೂರ್ಯನ ಪ್ರಖರತೆ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ (ಒಂದು ಬಿಲಿಯನ್ ಅಂದರೆ 1 ಶತಕೋಟಿ) ಪಟ್ಟು ಅಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ನಾವು ಸೂರ್ಯನನ್ನು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಿಂದ ನೋಡಿದರೆ, ಸೂರ್ಯನಿಂದ ಪಡೆಯುವ ಪ್ರತಿ 1,000,000,000 ಬೆಳಕಿನ ಕಣಗಳಿಗೆ, ಅದೇ ದೂರದಿಂದ ಜೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ನಿಂದ ಒಂದು ಬೆಳಕಿನ ಕಣವನ್ನು

ಬಾಕ್ಸ್ 2. ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ

ಒಂದು ಆಂಬುಲೆನ್ಸ್‌ನ ಸೈರನ್ ಅಥವಾ ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಮೋಟರ್‌ಬೈಕ್ ನಿಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ವೇಗವಾಗಿ ಬಂದು ನಿಮ್ಮನ್ನು ಹಾದು ಹೋದಾಗ ಅದರ ಶಬ್ದದ ಸ್ಥಾಯಿ (pitch) ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಬದಲಾಗುವುದನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿದ್ದೀರಾ? ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮ ಎನ್ನುವ ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಶಬ್ದ, ಬೆಳಕು ಅಥವಾ ಇತರ ತರಂಗಗಳ ಆವೃತ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲ ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ವ್ಯಕ್ತಿ ಪರಸ್ಪರ ಸಾಪೇಕ್ಷವಾಗಿ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಹೆಚ್ಚಳ (ಅಥವಾ ಇಳಿಕೆ) ಎಂದು ವ್ಯಾಖ್ಯಾನಿಸಲಾಗಿದೆ. ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ಅಥವಾ ನಿಹಾರಿಕೆಗಳು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲಿರುವ ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮೀಪಿಸುವ ಅಥವಾ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಚಲಿಸುವ ವೇಗವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇದನ್ನು ಅವುಗಳಿಂದ ನಾವು ಪಡೆಯುವ ಬೆಳಕಿನ ಆವೃತ್ತಿಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಪಲ್ಲಟದ ಮಟ್ಟದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಗುರುತಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಸರಿಯುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳು ದೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು 'ಕೆಂಪು ಪಲ್ಲಟ' ಎಂದು, ಇದೇ ರೀತಿ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಬೆಳಕು ಕಡಿಮೆ ತರಂಗಾಂತರದ ಕಡೆಗೆ ಪಲ್ಲಟಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು 'ನೀಲಿ ಪಲ್ಲಟ' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.



ಚಿತ್ರ 1. ಒಂದು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಿಡಿಯುವುದು: ನಕ್ಷತ್ರವು ಗ್ರಹವ್ಯೂಹದ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿಯ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತ ತಿರುಗುತ್ತದೆ. ಅದು ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ನೀಲಿ-ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅದು ನಮ್ಮಿಂದ ದೂರ ಚಲಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಬೆಳಕಿನಲ್ಲಿ ಕೆಂಪು-ಪಲ್ಲಟವಾಗುತ್ತದೆ.

Credits: NASA, Night Sky Network. URL: https://nightsky.jpl.nasa.gov/news-display.cfm?News_ID=682. License: Public domain.

ನೋಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಯಾಗಿ, ನಾವು ಸೂರ್ಯ ಮತ್ತು ಗುರು (ಜೂಪಿಟರ್) ಗ್ರಹವನ್ನು 15 ಬೆಳಕಿನ ವರ್ಷ ದೂರದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದರೂ ಅವೆರಡೂ ಪರಸ್ಪರ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ 1/3600 ರಷ್ಟು ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅಂದರೆ ಒಂದು ಕೂದಲು ಎಳೆಯ ಗಾತ್ರದಷ್ಟು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ! ಇಂತಹ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಗ್ರಹದ ಬಿಂಬವನ್ನೇ ಆಗಲಿ ನೋಡುವುದು ಒಂದು ಪ್ರಖರ ಬೆಳಕಿನ ಹತ್ತಿರ ಹಾರಾಡುತ್ತಿರುವ ಮಿಣುಕು ಹುಳದ ಛಾಯಾಚಿತ್ರವನ್ನು ತೆಗೆಯುವಷ್ಟೇ ಸವಾಲಿನಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ ಎನ್ನುವುದನ್ನು ಈ ಸಾದೃಶ್ಯದಿಂದ ನೀವು ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಅಂಥಾ ಜಗತ್ತುಗಳನ್ನು (ಮತ್ತು ಅಲ್ಲಿರಬಹುದಾದ ನಿವಾಸಿಗಳನ್ನು- ಅಂಥವರು ಇದ್ದರೆ) ಅವುಗಳ ಪೂರ್ಣತೆಯಲ್ಲಿ "ನೋಡಲು" ನಮಗೆ ಈಗ ಇರುವುದಕ್ಕಿಂತ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾದ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಅಂಥ ಸುಧಾರಣೆಗಳು ಆಗುವವರೆಗೆ ಪ್ರಸ್ತುತವಿರುವ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಒದಗಿಸುವ ಮಾರ್ಗಗಳಿಂದ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತೀರ್ಮಾನಿಸುವುದನ್ನೂ ನಾವು ಮುಂದುವರಿಸುತ್ತೇವೆ. ಈ ಉದ್ದೇಶಕ್ಕಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದಾದ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಸಾಮಾನ್ಯವಾದ ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಈ ಮುಂದೆ ವರ್ಣಿಸಲಾಗಿದೆ.

ತ್ರಿಜ್ಯೀಯ ವೇಗ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ (Radial Velocity Tracking)

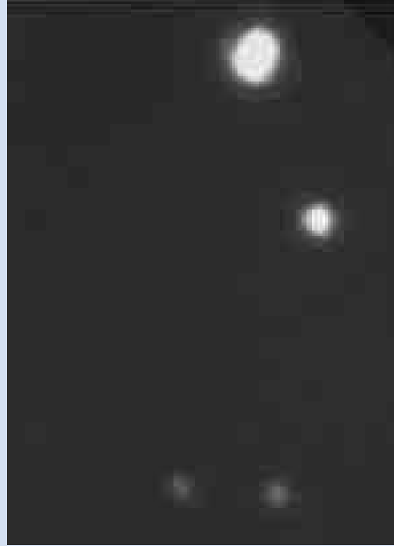
ಇದು ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿರುವ ವಿಧಾನ. ನಿಜ ಹೇಳಬೇಕೆಂದರೆ, ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ಕ್ಯೂಲೋಜ್ ಮತ್ತು ಮೇಯರ್ ಒಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ (ಸ್ಪಂದತಾರೆಯಲ್ಲದ) ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಮೊದಲ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರು.

ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಗ್ರಹವು ಅಧಿಕ ದ್ರವ್ಯರಾಶಿ ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಇದರ ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಕ ಸೆಳೆತವು ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಓಲಾಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರದ ಈ ಅಲ್ಪ ಚಲನೆಯನ್ನು ಡಾಪ್ಲರ್ ಪರಿಣಾಮದ (**ಬಾಕ್ಸ್ 2** ನೋಡಿ) ಸಹಾಯದಿಂದ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಬಳಸಬಹುದು.

ಜೂಪಿಟರ್‌ನಂಥ (ಗುರು) ದೈತ್ಯ ಅನಿಲ ಗ್ರಹಗಳು ತಮ್ಮ ಆತಿಥೇಯ ನಕ್ಷತ್ರ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಹತ್ತಾರು ಮೀಟರ್ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಓಲಾಡುವಷ್ಟು ಚಲನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತವೆ. ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದಿಂದ ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಅರ್ಧಮೀಟರ್ ವೇಗದಲ್ಲಿ (ನಾವು ಆರಾಮವಾಗಿ ನಡೆದಾಡುವಷ್ಟು ವೇಗಕ್ಕೆ ಸಮ) ಆಗುವ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಓಲಾಟವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನದ

ಬಾಕ್ಸ್ 3. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದು ಏಕೆ?

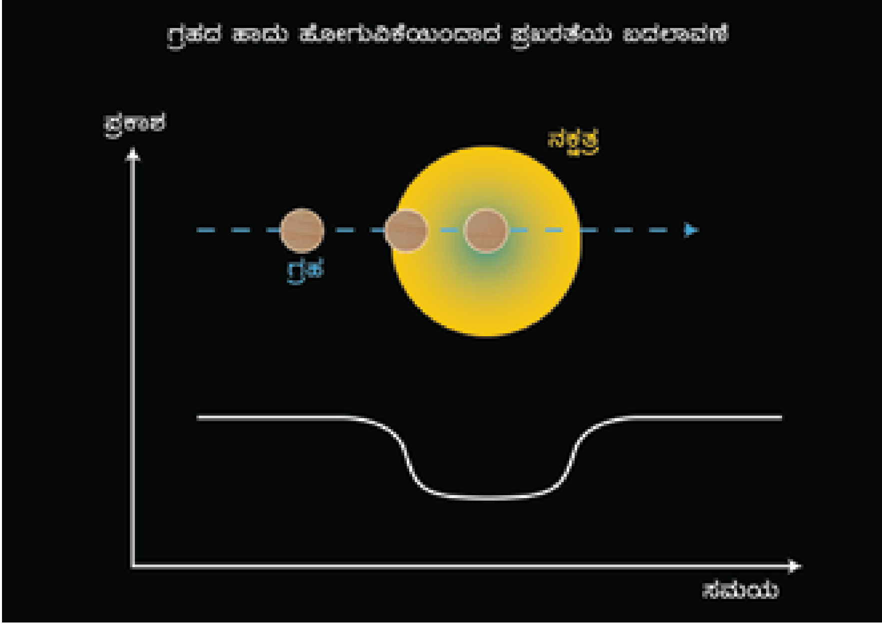
ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣ ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶದ ಬಿಂಬಗಳನ್ನು ವಿರೂಪಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ನಾವು ಮಾಡುವ ಅಳತೆಗಳ ನಿಖರತೆಗೆ ಮಿತಿಯೊಡ್ಡುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಆಚೆ ಒಂದು ದೂರದರ್ಶಕವನ್ನು ಇಡುವುದರಿಂದ ಈ ನಿರ್ಬಂಧವು ನಿವಾರಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶವು ಸ್ಥಿರವಾದ ವೀಕ್ಷಣಾ ವೇದಿಕೆಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಿಂದ ನಿಖರವಾದ ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನದ ಅಧ್ಯಯನಗಳನ್ನು ನಡೆಸಲು ಬೇಕಾದ ಅತಿಸೂಕ್ಷ್ಮ ಅಳತೆಗಳನ್ನು ಪಡೆಯುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. (ಹೋಲಿಕೆಗಾಗಿ **ಚಿತ್ರ 2** ನೋಡಿ)





ಚಿತ್ರ 2. ಭೂಮಿ-ಬಾಹ್ಯಾಕಾಶ – ಚಿಲಿದೇಶದ ಲಾಸ್ ಕಂಪ್ಯಾನಸ್ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯದಿಂದ (ಎಡಗಡೆ ಇರುವುದು) ಮತ್ತು ಹಬಲ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕದಿಂದ (ಬಲಗಡೆ ಇರುವುದು) ಪಡೆದ ಆಕಾಶದ ಒಂದು ಭಾಗದ ಚಿತ್ರಣವನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರಗಳು ತುಲನಾತ್ಮಕವಾಗಿ ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. ಹಬಲ್ ತೋರಿಸಿದ ಬಿಂಬದಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮಗೊಂಡ ಸ್ಪಷ್ಟತೆಯ ಜೊತೆಗೆ ಹೆಚ್ಚಿನ ಸಂಖ್ಯೆಯ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ನೀವು ಗಮನಿಸಿದಿರಾ?

Source: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/hubbles-first-light. License: Public domain.



ಚಿತ್ರ 3. ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಪಡೆದ ಚಿತ್ರ – ಈ ಚಿತ್ರವು ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವು, ಗ್ರಹವೊಂದು ತನ್ನ ಮುಂದೆ ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಹೇಗೆ ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ ಎಂದು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಮರೆಮಾಡುತ್ತಾ ಹೋದಂತೆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಕಾಂತಿ ಕ್ರಮೇಣ ಕುಂದುತ್ತಾ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಗ್ರಹವು ಅದರ ಮುಂದೆ ಇರುವವರೆಗೂ ಅದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರವಾಗಿರುತ್ತದೆ ತರುವಾಯ ತನ್ನ ಮೊದಲ ಕಾಂತಿಯನ್ನೇ ಪಡೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.
Credits: SuperWASP, NASA. URL: http://www.superwasp.org/how.htm. License: Public domain.

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಸುಧಾರಣೆಯೂ ಇತರ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಭೂಮಿಯಂಥ ಇನ್ನೂ ಸಣ್ಣದಾದ ಮತ್ತು ಶಿಲಾಮಯವಾದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಖಗೋಳ ಮಾಪನ (Astrometry)

ಖಗೋಳ ಮಾಪನ ಅಥವಾ ಅಸ್ಟ್ರೋಮೆಟ್ರಿ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸಾಧ್ಯವಾದಷ್ಟೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಮಾಡುವುದನ್ನು ಒಳಗೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ನಾವು ಈ ಮೊದಲೇ ನೋಡಿದಂತೆ, ಗ್ರಹವೊಂದರ ಇರುವಿಕೆ ಅದರ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಅಲ್ಲಾಡುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಅಲುಗಾಟ ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪಲ್ಲಟದಂತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆ (ಪಲ್ಲಟ) ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಲು ಹೆಚ್ಚಿನ ನಿಖರತೆಯ ಮಾಪನಗಳ ಅಗತ್ಯವಿದೆ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದಾಗಿಯೇ 2009ರವರೆಗೂ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಖಚಿತಪಡಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿರಲಿಲ್ಲ.

2013ರಲ್ಲಿ ಯುರೋಪಿಯನ್ ಸ್ಪೇಸ್ ಏಜೆನ್ಸಿಯು ಕೇವಲ ಖಗೋಳ ಮಾಪನದ ಉದ್ದೇಶಗಳಿಗಾಗಿಯೇ ಗೈಯಾ (Gaia) ಎಂಬ ಒಂದು ಅಂತರಿಕ್ಷ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯವನ್ನು ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿದ ನಂತರ ಖಗೋಳ ಮಾಪನ ಮಹತ್ವ ಪಡೆಯಿತು. ಹತ್ತು ವರ್ಷಗಳ ತನ್ನ ಜೀವಿತಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಗೈಯಾ ವೀಕ್ಷಣಾಲಯ ಸುಮಾರು 70,000 ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿ ಅವುಗಳ ಪರಿಭ್ರಮಣ ಪಥಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸುತ್ತದೆ ಎಂದು ನಿರೀಕ್ಷಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನ (Transit Method)

ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರ ಮತ್ತು ಅದರ ಗ್ರಹ ನಮ್ಮ ಕಡೆಗೆ ಒಂದೇ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಕಂಡು-ಗ್ರಹವು ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುವಾಗ ಅದನ್ನು ಮರೆಮಾಡಿದ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಾವು ಸಂಕ್ರಮಣ (Transit) ವಿಧಾನವನ್ನು ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಬಳಸುತ್ತೇವೆ.

ಈ ಗ್ರಹಣದ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಎಂದಿಗಿಂತ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಕಷ್ಟು ಕಾಲಾವಧಿಯವರೆಗೆ ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಕಡೆಗೆ ತಿರುಗಿಸಿ ಇಟ್ಟಿರುವ ಅಧಿಕ ಪೃಥಕ್ಕರಣವುಳ್ಳ ದೂರದರ್ಶಕಗಳು (High resolution telescope)ಮಾಡುವ ವೀಕ್ಷಣೆಗಳ ಮೂಲಕ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಕ್ಕೆ ಸಮೀಪದ ಪಥವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಈ ವಿಧಾನ ಅತ್ಯುತ್ತಮವಾಗಿ ಕೆಲಸ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಏಕೆಂದರೆ ಅಂತಹ ಗ್ರಹ, ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದಾದ ಹೆಚ್ಚಿನ ಇಳಿತವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಇಂದಿನವರೆಗೆ, ಈ ವಿಧಾನ ಗರಿಷ್ಠ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಅದರಲ್ಲೂ ಭೂಮಿಯಂಥ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆಯ ಫಲ ಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಇಂತಹ ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ತಾನೆ ನಾವು ಹೆಚ್ಚಿನ ಆಸಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದು! ಈ ಬೃಹತ್ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಪತ್ತೆಗೆ 2009ರಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡಿದ ಅಂತರಿಕ್ಷ-ಆಧಾರಿತ ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಮುಖ್ಯ

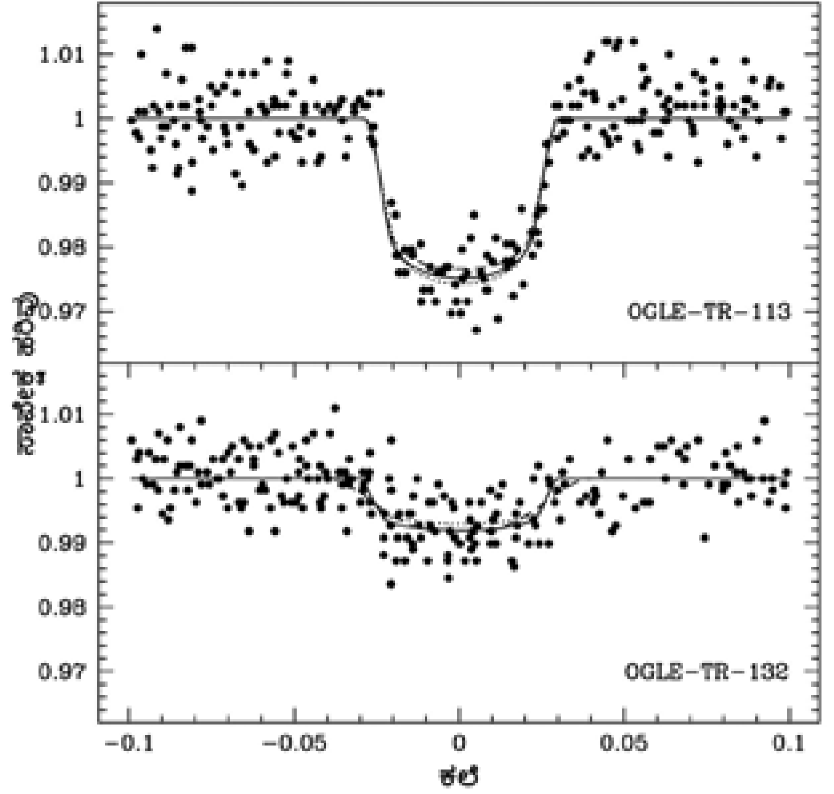
ಬಾಕ್ಸ್ 4. ಟ್ಯಾಬಿಯ ನಕ್ಷತ್ರ!

ನಕ್ಷತ್ರ KIC 8462852 ಮೊದಲು ಅದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಟ್ಯಾಬಿತಾ. ಎಸ್. ಬೊಯಾಜಿಯಾನ್ (Tabetha.S.Boyajian) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ನೆನೆಪಿಗಾಗಿ ಇಟ್ಟ ಅಡ್ಡ ಹೆಸರು-ಟ್ಯಾಬಿಯ ನಕ್ಷತ್ರವೆಂದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧಿ ಪಡೆದಿದೆ. ಈ ನಕ್ಷತ್ರವನ್ನು ಕೆಪ್ಲರ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿತು ಹಾಗೂ ಇದು ವಿಚಿತ್ರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗುವ ಮತ್ತು ಮಬ್ಬಾಗುವ ಘಟನಾವಳಿಯನ್ನು ತೋರಿಸಿತು ಎಂಬುದನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿತು. ನಕ್ಷತ್ರದ ಈ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆ ಅನ್ಯಗ್ರಹ (Extra-terrestrial) ಜೀವಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಉತ್ಸುಕತೆ ಇರುವವರು ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮಯ ಎಚ್ಚರದಿಂದ ನಿರೀಕ್ಷಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿತು. ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಕಾರಣಗಳ ಮೂಲಕ ವಿವರಿಸುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ವಿಫಲವಾದಾಗ, ಈ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಆ ನಕ್ಷತ್ರದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಒಂದು ಮುಂದುವರಿದ ನಾಗರಿಕತೆಯ ಜನ ಕಟ್ಟಿರಬಹುದಾದ ಡೈಸನ್ ಹಿಂಡುಗಳು (Dyson's swarms) ಎನ್ನುವ ಸಂರಚನೆಗಳ ಕಾರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತಿರಬಹುದೆಂದು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಸೂಚಿಸಿದರು. ಆದರೆ, ಅನ್ಯಗ್ರಹ ಬುದ್ಧಿಜೀವಿಯ ಅನ್ವೇಷಣೆ (Search for extra-terristrial Intelligence-SETI) ಎಂಬ ತಂಡವೊಂದು ಈ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತಮುತ್ತ ಇರಬಹುದಾದ ಬುದ್ಧಿವಂತ ಅನ್ಯಗ್ರಹ ಜೀವಿಗಳಿಂದ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಪ್ರಯತ್ನ ಮಾಡಿದಾಗ ಅಂತಹ ಯಾವ ಸಂಕೇತವೂ ದೊರೆಯಲಿಲ್ಲ.

ಕಾರಣವಾಗಿದೆ. ಈ ಮಿಷನ್ ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೂ ಕಡಿಮೆ ಗಾತ್ರದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ನಮ್ಮ ಆಕಾಶಗಂಗೆಯ (Milky way) ಕೆಲವು ಭಾಗಗಳನ್ನು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಇದುವರೆಗೆ 4706 ಸ್ಥಾನಾನ್ವೇಷಿ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಿದ್ದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ 2330 ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳೆಂದು ದೃಢಪಟ್ಟಿದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್‌ನ ಈ ಆಶ್ಚರ್ಯಜನಕ ಯಶಸ್ಸಿಗೆ ಅದನ್ನು ಅಂತರಿಕ್ಷದಲ್ಲಿರಿಸಿರುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಾಗಿದೆ.

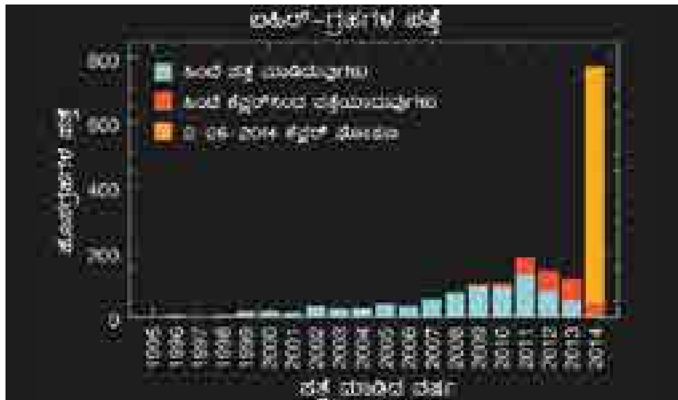
ಗುರುತ್ವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನ (Gravitational Micro Lensing)

ಬೃಹತ್ ಕಾಯಗಳು ತಮ್ಮ ಸುತ್ತ ಇರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ಬಗ್ಗಿಸಬಲ್ಲವು ಎಂದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಾಪೇಕ್ಷತಾ ಸಿದ್ಧಾಂತ ನಮಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತದೆ. ಗುರುತ್ವ-ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನ (Gravitational Micro Lensing) ಎಂದು ಕರೆಯುವ ಈ ಪರಿಣಾಮವು ಸಮೀಪದ ಒಂದು ಮಂದ ಪ್ರಕಾಶದ ನಕ್ಷತ್ರ ದೂರದ ನಕ್ಷತ್ರವೊಂದನ್ನು ಹಾದು ಹೋದಾಗ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ವರ್ಧಿಸುತ್ತದೆ. ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಮೇಣದ ಬತ್ತಿಯ ಜ್ವಾಲೆಯನ್ನು ನಾವು ಒಂದು ವೈನ್‌ಗ್ಲಾಸ್‌ನ ತಳದ ಮೂಲಕ ನೋಡಿದಾಗ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ಈ ಪರಿಣಾಮ ಸಾದೃಶ್ಯವಾಗಿದೆ. (**ಚಿತ್ರ 5**ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದಂತೆ)



ಚಿತ್ರ 4. ವಾಸ್ತವ ಜಗತ್ತಿನಲ್ಲಿ ವಿಜ್ಞಾನ – ಈ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಪ್ಪು ಚುಕ್ಕೆಗಳು ಗ್ರಹಗಳಿಗೆ ಪೋಷಕವಾದ ಒಂದು ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶದಲ್ಲಿನ ಬದಲಾವಣೆ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಹೇಗೆ ಕಾಣಿಸುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ.
Credits: ESO. URL: https://www.eso.org/public/news/eso0415/. License: Public domain.

ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶ ಮೊದಲು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಅದರ ಮುಂದಿರುವ ಅಗೋಚರ ನಕ್ಷತ್ರ ಅದನ್ನು ಹಾದು ಹೋಗುತ್ತಾ ಇದ್ದಂತೆ ಪ್ರಕಾಶವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಬಂದು, ಅದರ ಮುನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ದೂರ ಸರಿದು ಹೋದಾಗ ದೂರ ನಕ್ಷತ್ರದ ಬೆಳಕು ಪುನಃ ತನ್ನ ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಕಾಶಕ್ಕೆ ಹಿಂದಿರುಗುತ್ತದೆ. ಮುನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿರುವ ನಕ್ಷತ್ರವು ತನ್ನ ಸುತ್ತ



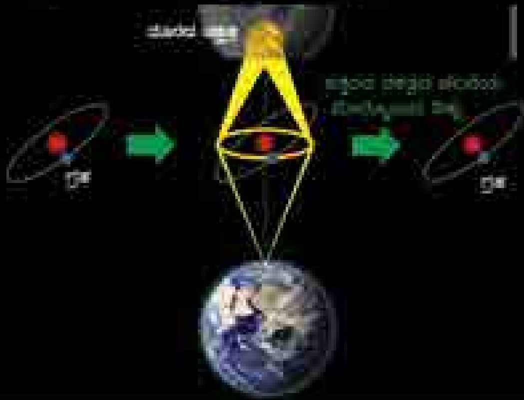
ಚಿತ್ರ 5. ಕೆಪ್ಲರ್‌ನ ಅಭೂತಪೂರ್ವ ಸಾಧನೆ! – ಈ ಹಿಸ್ಟೋಗ್ರಾಮ್ 1995 ರವರೆಗೆ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಿರುವ ಬಹಿರ್-ಗ್ರಹಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಕೆಪ್ಲರ್ ತಂಡ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸಾವಿರ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿದುದನ್ನು ಘೋಷಿಸಿದ ನಂತರ ಗ್ರಹಗಳು ಪತ್ತೆಯಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಇದ್ದಕ್ಕಿದ್ದಂತೆ ಏರಿಕೆಯಾಗಿರುವುದನ್ನು ಗಮನಿಸಿ.
Credits: NASA. URL: https://www.nasa.gov/content/exoplanet-discoveries. License: Public domain.



ಚಿತ್ರ 6. ಗುರುತ್ವ ಮಸೂರದ ಒಂದು ಮಾದರಿ – ಒಂದು ವೈನ್ ಗ್ಲಾಸ್ ತನ್ನ ಹಿಂದೆ ಇರಿಸಿದ ಮೇಣದಬತ್ತಿಯ ಬೆಳಕನ್ನು ವಿರೂಪ ಗೊಳಿಸುವ ರೀತಿಯು ಬೃಹದಾಕಾರದ ವಸ್ತುಗಳು ಬೆಳಕನ್ನು ವಿರೂಪ ಗೊಳಿಸುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಬಹುಪಾಲು ಹೋಲುತ್ತದೆ.
Credits: KIPAC, Kavli Insitute of Particle Physics and Cosmology. URL: http://kipacweb.stanford.edu/research/gravitational_lensing. License: Public domain.

ಗುರುತ್ವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನ (Gravitational Microlensing)



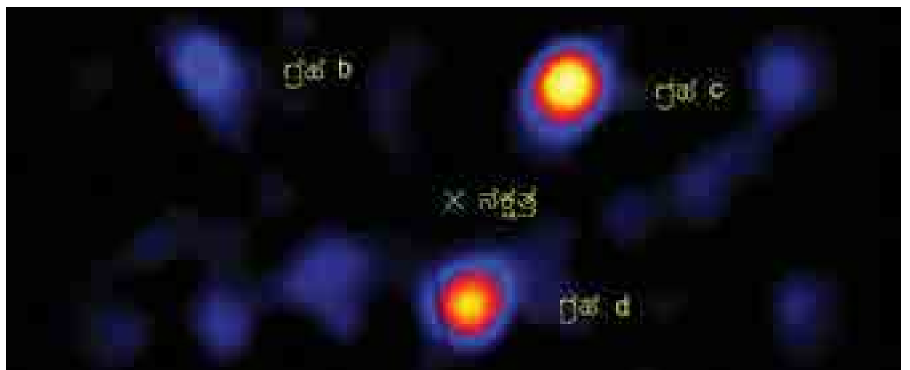

ಚಿತ್ರ 7. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮಸೂರನದ (Microlensing)ವಿವರ – ಗುರುತ್ವ ಮಸೂರನ ತಂತ್ರ ಹೇಗೆ ನಡೆಯುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಚಿತ್ರ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

Credits: LCOGT, IFLSCIENCE. URL: https://lco.global/files/spacebook/Gravitational%20Microlensing%20timeline.png. License: Public domain.

ಪರಿಭ್ರಮಿಸುತ್ತಿರುವ ಯಾವುದಾದರೂ ಗ್ರಹವನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ, ಈ ಗ್ರಹವೂ ಅಲ್ಪಾವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ನಕ್ಷತ್ರದ ಪ್ರಕಾಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವ ಪರಿಣಾಮಕ್ಕೆ ತನ್ನ ಕೊಡುಗೆಯನ್ನು ನೀಡುತ್ತದೆ. (**ಚಿತ್ರ 6**ನ್ನು ನೋಡಿ). ಈ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಇರುವಿಕೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತೀರ್ಮಾನ ಕೈಗೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಪ್ರತ್ಯಕ್ಷ ಚಿತ್ರಣ (Direct Imaging)

ಈ ಮೊದಲೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ದೃಗ್ಗೋಚರ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ಒಂದು ಶತಕೋಟಿಯಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ. ಆದಾಗ್ಯೂ,



ಚಿತ್ರ 8. ನೆರೆಹೊರೆಯವರ ಫೋಟೋ ತೆಗೆಯುವುದು – ಈ ಚಿತ್ರ HR8799 ಎಂಬ ಒಂದೇ ನಕ್ಷತ್ರದ ಸುತ್ತ ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳಂದ – HR8799 b, c ಮತ್ತು d– ನಾವು ಪಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಬೆಳಕಿನ ಬಗ್ಗೆ ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. X ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿರುವ ಸ್ಥಳದಲ್ಲಿ ನಕ್ಷತ್ರವಿದೆ. ಮೂರು ಗ್ರಹಗಳೂ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ (ಗುರು) ಗ್ರಹದಂತೆ, ಆದರೆ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕ ಗಾತ್ರದ ಅನಿಲ ದೈತ್ಯಗಳು ಎಂದು ಯೋಚಿಸಲಾಗಿದೆ.

Credits: NASA/JPL-Caltech/Palomar Observatory. URL: http://www.nasa.gov/topics/universe/features/exoplanet20100414-a.html. License: Public domain.

ಬಾಕ್ಸ್ 5. ಅವು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುವು ಎಂದು ನೋಡಿ!

ಇಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾದ ಎಲ್ಲ ಪತ್ತೆ ಹಚ್ಚುವಿಕೆ ತಂತ್ರಗಳು ಹೇಗೆ ಕೆಲಸ ಮಾಡುವುವು ಎಂದು ನೋಡಲು https://exoplanets.nasa.gov/interactable/11/. ಎಂಬ ಜಾಲತಾಣಕ್ಕೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡಿ.

ಅವಗೆಂಪು (Infrared) ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ–ಅಂದರೆ ದೃಗ್ಗೋಚರ ಬೆಳಕಿಗಿಂತ ಧೀರ್ಘ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ–ನಮ್ಮ ಸೂರ್ಯ ಗುರು ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ (ಜ್ಯೂಪಿಟರ್‌ಗಿಂತ) ನೂರು ಪಟ್ಟು ಮಾತ್ರ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾಗಿದೆ. ಅನುಕೂಲಕರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ, ಈ ತರಂಗಾಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹದ ಚಿತ್ರಣ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಒಂದು ಗ್ರಹ ಅದರ ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬಹಳ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದು, ನಕ್ಷತ್ರದಿಂದ ಬರುವ ಬೆಳಕನ್ನು ನಾವು ಮರೆಮಾಡಿದರೆ, ಮಂದ ಬೆಳಕಿನ ಗ್ರಹವು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಚಿತ್ರಣ ವಿಧಾನ ಇತೀಚೆಗಷ್ಟೆ ಆರಂಭವಾಗಿದ್ದು, ಇದುವರೆಗೆ ಸುಮಾರು 33 ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಮ್ಮನ್ನು ಸಮರ್ಥರನ್ನಾಗಿಸಿದೆ.

ದಾಪುಗಾಲನ್ನು ಇಡುವುದು!

ನಮ್ಮ ಸೌರವ್ಯೂಹದ ಜೀವಿತಾವಧಿ ನಮ್ಮ ಜೀವಿತಾವಧಿಗಿಂತ ಊಹಿಸಲಾಗದಷ್ಟು ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದರ ಉಗಮ ಮತ್ತು ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಲು ಅನೇಕ ಪೀಳಿಗೆಗಳ ನಿರಂತರ ಸಂಶೋಧನೆಯಿಂದಲೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ವಿಕಾಸದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಹಂತಗಳಲ್ಲಿರುವ ಇದೇ ರೀತಿಯ ವ್ಯೂಹಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಂದ ಸಂಗ್ರಹಿಸುವ ಸಾಕ್ಷ್ಯಾಧಾರಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ಉತ್ತಮ ಮಾರ್ಗವಾಗಿದೆ.

ನಾವು ಈಗ ತಾನೆ ತಿಳಿದುಕೊಂಡಂತೆ, ಇತರ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳ ಇರುವಿಕೆ ಅಸಾಮಾನ್ಯವಾದುದೇನಲ್ಲ. ನಾವು ಅವುಗಳನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವೈವಿಧ್ಯತೆಯಲ್ಲಿ ಪತ್ತೆ ಮಾಡಬಲ್ಲೆವಾದರೆ ಮಾತ್ರ ಅವುಗಳ ಬಗೆಗೆ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡುವುದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವಾಗಿ, ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು 1992 ರಲ್ಲಿ ಮೊದಲ ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹವನ್ನು ಪತ್ತೆಮಾಡಿದಂದಿನಿಂದ ನಾವು ಬಹಳ ದೂರ ನಡೆದು ಬಂದಿದ್ದೇವೆ. ಪ್ರಸಿದ್ಧ ಹಬಲ್ ದೂರದರ್ಶಕ ಮತ್ತು ಕೆಪ್ಲರ್‌ಮಿಷನ್ ಒಳಗೊಂಡಂತೆ ಪ್ರಸ್ತುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಈಗಾಗಲೇ ಸೌರವ್ಯೂಹದಿಂದ ಆಚೆಗೆ ಇರುವ ಸಾವಿರಾರು ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆ ಮಾಡಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡಿದೆ ಮತ್ತು ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಗತಿ ಆದಾಗಲೂ ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಗ್ರಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಾವು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಅಮೆರಿಕಾದ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಅಧ್ಯಯನ ಸಂಸ್ಥೆಯಾದ ನಾಸಾ (NASA) 2017ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಂಕ್ರಮಣ ವಿಧಾನ ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣ ಉಪಗ್ರಹವನ್ನು (Transiting Exoplanet Survey Satelite-TESS) ಅಂತರಿಕ್ಷಕ್ಕೆ ಉಡಾವಣೆ ಮಾಡುವ ವಿಶ್ವಾಸ ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆಯ ಗುರಿ ನಮ್ಮ ಭೂಮಿಯ ಗಾತ್ರದಷ್ಟಿರುವ ಹಾಗೂ ಜ್ಯೂಪಿಟರ್ ಗ್ರಹಕ್ಕಿಂತ ದೊಡ್ಡದಾದ ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಿವಿಧ ಬಗೆಯ ಪೋಷಕ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಸರ್ವೇಕ್ಷಣೆ ಮಾಡುವುದಾಗಿದೆ. ಇದೇ ರೀತಿ 2018ನೇ ವರ್ಷದಲ್ಲಿ ಅಂತರಿಕ್ಷ ಪಥದಲ್ಲಡಲು ಯೋಜಿಸಿರುವ ಜೇಮ್ಸ್ ವೆಬ್ ಅಂತರಿಕ್ಷ ದೂರದರ್ಶಕ (James Webb Space Telescope) ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿ, ಆ ಜಗತ್ತುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಿಸರ ಸಂಬಂಧಿತ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳ ಮೇಲೆ ಬೆಳಕು ಚೆಲ್ಲುವುದು.

ನಾವೀಗ ನವಜಾತ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನೋಡಬಹುದು ಮತ್ತು ತನ್ಮೂಲಕ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ರೂಪುಗೊಂಡ ಆರಂಭಿಕ ಹಂತಗಳನ್ನು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು; ಇವುಗಳಿಗಿಂತ ಸ್ವಲ್ಪ ಹಿರಿಯ ಗ್ರಹವ್ಯೂಹಗಳು ಗ್ರಹಗಳ ಅಂತರಕ್ರಿಯೆಯ ಬಗ್ಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ; ಮೃತ ನಕ್ಷತ್ರಗಳನ್ನು ಸುತ್ತುತ್ತಿರುವ ಕೆಲವು **ವೈಪರೀತ್ಯ ಗ್ರಹಗಳು** (extreme planets) ಸಂಭಾವ್ಯ ವಿಕಾಸದ ವಿವಿಧ ಪಥಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ನಾವು ಈ ರೀತಿ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳುವ ದತ್ತಾಂಶಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮದೇ ಆದ ಸೌರವ್ಯೂಹ ರೂಪುಗೊಂಡಿದ್ದರ ಬಗ್ಗೆ ಇರುವ ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ನಾವು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ವಾತಾವರಣಗಳನ್ನು ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಬಹುದು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ವಾಸಯೋಗ್ಯತೆಯನ್ನು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ ಪ್ರಮುಖವಾಗಿ ಇಲ್ಲಿಂದಾಚೆಗೆ ವಾಸಿಸಲು ಯೋಗ್ಯವಾದ ಜಗತ್ತುಗಳ ಮತ್ತು ಬುದ್ಧಿವಂತ ನಿವಾಸಿಗಳ ಬಗ್ಗೆ ನಮ್ಮ ಕುತೂಹಲವನ್ನು ತೃಪ್ತಿಪಡಿಸಲು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಅಧ್ಯಯನ ನಾವು ಹಾಕಿರುವ ಪ್ರಮುಖ ದೊಡ್ಡ ಹೆಜ್ಜೆಯಾಗಿದೆ.

ಬಾಕ್ಸ್ 6. ನಾಗರಿಕ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾಗಿರಿ!

ಆಕಾಶಗಂಗೆಯು ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್‌ನಂತಹ ಬೃಹತ್ ಯೋಜನೆಗಳಿಂದ ಅನ್ವೇಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳು ಇರುವ ಸ್ಥಳಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಆನಂದದಿಂದಲೇ ತಿಳಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದೆ. ಅಪಾರ ಪ್ರಮಾಣದ ದತ್ತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸಂಗ್ರಹಿಸಲಾಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಅರ್ಥೈಸಬೇಕಾದರೆ ಅಪಾರವಾದ ಮಾನವ ಸಂಪನ್ಮೂಲವು ಬೇಕಾಗುವುದು. 'ಪ್ಲಾನೆಟ್ ಹಂಟರ್ಸ್' (ಗ್ರಹಗಳ ಬೇಟೆಗಾರರು) ಒಂದು ನಾಗರಿಕ ಯೋಜನೆ. ಇದು ಬಹಿರ್–ಗ್ರಹಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ಸುಳಿವು ನೀಡುವ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಹೊರಸೆಳೆಯಲು ವಿನ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುವಲ್ಲಿರುವ ಮಾನವನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಯೋಜನೆ ಸುಮಾರು 300,000 ಸ್ವಯಂಸೇವಕರನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ. ಈ ಯೋಜನೆಗೆ ಅನೇಕ ಗ್ರಹಗಳ ಅನ್ವೇಷಣೆ ಮಾಡಿದ ಹೆಗ್ಗಳಿಕೆಯಿದೆ. ಟ್ಯಾಬಿ ನಕ್ಷತ್ರದ ವಿಲಕ್ಷಣತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದದ್ದು ಈ ಯೋಜನೆಯೇ! ನಿಮಗೆ ಬಹಿರ್‌ಗ್ರಹಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸುವ ಆಸಕ್ತಿಯಿದ್ದರೆ 'ಪ್ಲಾನೆಟ್ ಹಂಟರ್ಸ್' ಗುಂಪು ಖಂಡಿತವಾಗಿಯೂ ಸಂತೋಷದಿಂದ ನಿಮ್ಮನ್ನು ಸೇರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. www.planethunters.org – ಈ ಜಾಲತಾಣಕ್ಕೆ ಭೇಟಿ ಕೊಡಿ. ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಜಗತ್ತುಗಳನ್ನು ಅನ್ವೇಷಿಸಲು ನೆರವು ನೀಡಿ.

ಸೂಚನೆ: ಲೇಖನ ಶೀರ್ಷಿಕೆಯ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇರುವ ಚಿತ್ರದ ಕೃಪೆ: Kepler Mission Overview, NASA Ames/ W Stenzel, Wikimedia Commons. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/File:NASA-KeplerSpaceTelescope-ArtistConcept-20141027.jpg. License: Public Domain.

ನೀವು ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚಿಗೆ ತಿಳಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕೆ?

1. ಪತ್ತೆ ಮಾಡುವ ತಂತ್ರಗಳ ಬಗ್ಗೆ ಒಂದು ಬಹಳ ತಾಂತ್ರಿಕವಾದ ಲೇಖನ: http://www.mpia.de/homes/ppvi/chapter/fischer.pdf.
2. ಕೆಪ್ಲರ್ ಮಿಷನ್ ಬಗ್ಗೆ: http://kepler.nasa.gov/ and http://www.nature.com/nature/journal/v513/n7518/pdf/nature13781.pdf.
3. ಗೈಯ ಮಿಷನ್ ಬಗ್ಗೆ http://sci.esa.int/gaia/ and https://arxiv.org/pdf/1411.1173v1.pdf.
4. ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿನ ಇತ್ತೀಚಿನ ಹರಟೆಗಾಗಿ ಕೆಲವು ಜಾಲ ತಾಣಗಳು (ವೆಬ್ ಸೈಟ್‌ಗಳು http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html and https://exoplanets.nasa.gov/newworldsatlas/.
5. ಇನ್ನು ಮುಂದೆ ಬರಲಿರುವ ಯೋಜನೆಗಳ ಬಗ್ಗೆ: https://tess.gsfc.nasa.gov/overview.html and http://www.jwst.nasa.gov/.

ಸುಮಾ ಎನ್. ಮೂರ್ತಿ ತಿರುವನಂತಪುರಂನಲ್ಲಿರುವ ಭಾರತೀಯ ಅಂತರಿಕ್ಷ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ ಸಂಸ್ಥೆಯಿಂದ (Indian Institute of Space sciece and Technology) ಖಗೋಳ ವಿಜ್ಞಾನ ಮತ್ತು ಖಗೋಳ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ (Astronomy and Astrophysics) ತಮ್ಮ ಸ್ನಾತಕೋತ್ತರ ಅಧ್ಯಯನವನ್ನು ಮುಗಿಸಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿನಿಯಾಗಿದ್ದಾರೆ.

ಅನುವಾದ: ಬಿ ಎಂ.ಚಂದ್ರಶೇಖರ್ **ಪರಿಶೀಲನೆ**: ಜೈಕುಮಾರ್ ಮರಿಯಪ್ಪ